

Экспериментальные исследования

ПЛАНИРОВАНИЕ И ВЫБОР ОБЪЕКТОВ ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ И САНАЦИИ ПОДЗЕМНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

МАХМУД ХАРУН, канд. техн. наук, доцент
Н. А. СТАШЕВСКАЯ, канд. техн. наук, доцент
Д. Д. КОРОТЕЕВ, канд. техн. наук, доцент
Российский университет дружбы народов,
117198, Москва, ул. Миклухо Маклая, 6; miharun@mail.ru

В статье рассмотрены особенности подземных трубопроводов в условиях города и даны рекомендации по выбору объектов профилактических мероприятий и восстановления подземных трубопроводов, что имеет практическое значение для организации контроля качества работы подземных трубопроводов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: трубопровод, эксплуатация, инспекция, информация, надежность, безопасность, работоспособность, приоритетность, санация.

Подземная трубопроводная сеть, являясь структурно сложной и территориально рассредоточенной системой, находится в процессе эксплуатации под воздействием множества неблагоприятных (дестабилизирующих надежность трубопроводов и оборудования) факторов, подавляющее большинство которых носит случайный, практически неконтролируемый характер [1, 2, 5]. Поэтому точно предсказать, а тем более полностью исключить их отрицательное влияние невозможно.

Если для многих технических объектов отказ однозначно проявляется в физически очевидной потере его работоспособности, то, когда речь идет о подземных трубопроводах как системе, дело обстоит несколько иначе. Действительно, при эксплуатации сети нередко по каким-либо причинам (например, засорение трубопроводов различным мусором) самотечный трубопровод становится на подпор, то есть жидкость транспортируется по нему полным сечением [1, 3, 7].

В результате повреждений участка трубопровода его пропускная способность уменьшается (возможно, до нуля – при полном выходе этого элемента сети из строя), что ведет к уменьшению пропускной способности сети в целом. Происходит сброс жидкости через трещины и проломы на поверхность, то есть система теряет способность выполнять свои функции [3, 7].

Мероприятия по повышению надежности трубопроводов сводятся к оценке и анализу данных наблюдений по повреждениям, по выявлению наиболее "слабых" в технологическом и конструктивном отношении элементов системы участков трубопроводов с последующей их профилактической прочисткой, санацией или заменой более надежными [3, 4, 6].

На основании анализа задач и видов работ, выполняемых при эксплуатации трубопроводов, установлено, что все функциональные задачи, составляющие информационную базу для контроля и управления эксплуатацией можно разделить на три группы [3]:

- задачи, которые могут быть полностью автоматизированы, (планирование и регистрация выполненных работ на трубопроводах, анализ работы трубопроводов и т. п.);
- задачи, использующие автоматизированные методы накопления и систематизации информации (формирование Баз данных, обеспечение информацией по запросам, оценка, анализ и прогноз показателей надежности элементов трубопроводов);

• задачи, решаемые только специалистами (принятие решений, разработка плана профилактических мероприятий и восстановления).

Информационно-техническое обеспечение для оценки показателей надежности трубопроводов включает:

- архив Базы данных – исходный статистический материал по отказам участков трубопроводов, полученный из опыта их эксплуатации;
- практические методы сбора и статистической обработки (с использованием ЭВМ) исходных данных по эксплуатации трубопроводов;
- методику оценки и прогноза численных показателей надежности участков трубопроводов.

Таким образом, сформированное автоматизированное информационно-техническое обеспечение позволит на разных звеньях управления эксплуатацией трубопроводов с использованием ЭВМ формировать, накапливать и использовать для оценки надежности ее элементов следующие виды информации:

- информация, характеризующая технико-экономические показатели трубопроводов и оборудования, сформированная по результатам инвентаризации и паспортизации сети;
- графическое изображение сети трубопроводов (в стадии разработки);
- сведения о выполненных работах на сети трубопроводов (капитальный, текущий, планово-профилактический и аварийный ремонты);
- информационные массивы, включающие в себя – статистические данные по всем повреждениям и разрушениям на участках трубопроводов, методах и сроках их ликвидации, стоимости восстановительных работ;
- нормативная и справочная информация, архив эксплуатации.

Функционирование программного обеспечения автоматизированной Базы данных по эксплуатации трубопроводов позволяет накапливать и обрабатывать на ЭВМ, используя современный аппарат математической статистики и теории надежности, обширные эксплуатационные данные по отказам трубопроводов.

Программное обеспечение реализуется с возможностью для трубопроводов любой территории, для выбранной по запросу совокупности участков трубопроводов заданных диаметров и материалов формировать следующие данные:

- статистическую частоту отказов трубопроводов (в среднем за год) и ее прогноз;
- оценку интенсивности отказов трубопроводов по материалам и диаметрам труб;
- процент отказов участков трубопроводов по диапазонам их эксплуатации;
- вероятность отказов трубопроводов.

Таким образом, практическая реализация программного обеспечения заключается в оценке и прогнозе показателей надежности трубопроводов за определенный промежуток времени, что позволяет определить "слабые" звенья системы – участки трубопроводов с наибольшей вероятностью отказов и наметить первоочередные объекты профилактической (адресной) работы.

Функционирование автоматизированной Базы данных позволяет, кроме того, проводить оценку и прогноз среднего времени ликвидации отказов для трубопроводов данного диаметра в пределах территории по эксплуатации.

При этом для трубопроводов заданного диаметра и материала будут программно формироваться в Базе данных по запросу следующие данные:

- распределение среднего времени восстановления трубопроводов – количество случаев восстановления работоспособности трубопроводов и соответствующего им среднего времени ликвидации аварии (на месте), т.е. плотность распределения среднего времени восстановления;

- вероятность ликвидации повреждения по интервалам затраченного на ремонт трубопровода времени.

Разработанный алгоритм выбора первоочередных объектов адресной санации трубопроводов основан на пошаговом процессе выбора из большого числа потенциальных для санации участков трубопроводов – некоторого ограниченного количества первоочередных (приоритетных) и состоит из двух этапов:

- определение потенциальных объектов санации на основе выделения и количественной оценки базового (основного) фактора, которым служит уровень повреждения трубопроводов (в данном случае интенсивность и частота повторных повреждений);

- определение приоритетного (первоочередного) объекта санации на основе комплексной оценки и ранжирования значительного количества дестабилизирующих и косвенных факторов, влияющих на экологическую безопасность и надежность участков трубопроводов в реальных условиях эксплуатации.

Критериями выбора потенциальных объектов адресной санации трубопроводов являются высокая и частота повторных повреждений трубопроводов (интенсивность повреждений более 1 в год на участках сети, имеющих один инвентарный номер, вероятность повреждений – 90%).

Выбор потенциальных объектов адресной санации трубопроводов состоит из последовательной реализации следующих задач:

- выбор района эксплуатации трубопроводов с максимальной интенсивностью повреждений трубопроводов;

- выбор участков трубопровода с максимальной интенсивностью повреждений и имеющих один инвентарный номер. Анализ паспортов участков трубопроводов – технических и эксплуатационных характеристик;

- формирование списков потенциальных объектов профилактической работы.

Практическая реализация методики оптимального выбора потенциальных и приоритетных (первоочередных) объектов профилактической работы трубопроводов основана на использовании программного обеспечения автоматизированных Баз данных по эксплуатации сети, которое включает:

- систему первичных информационных документов по паспортизации и эксплуатации трубопроводов (паспорта участков трубопроводов, паспорта аварий трубопроводов);

- электронные Базы данных по паспортизации и эксплуатации трубопроводов;

- информационно-поисковую систему выбора потенциальных объектов профилактической работы трубопроводов – программа «OPERATION»;

- информационно-поисковую систему выбора приоритетных (первоочередных) объектов профилактической работы трубопроводов – программа «RANGE».

Программное обеспечение выбора потенциальных и приоритетных объектов адресной профилактического мероприятия состоит из двух функционально связанных блоков.

Блок I. Прогнозирование отказов на сетях и оптимизация профилактических мероприятий, реализуемых в автоматизированном виде:

- сбор и ввод в электронном виде данных об адресах устраненных повреждений. Процедуры выполняются с помощью программы «CONTROLLER» при регистрации выезда звена слесарей по заявке;

- систематизация первичной информации о повреждениях и ввод ее в электронные Базы данных;

- формирование Баз данных в табличной форме, оценка интенсивности повреждений трубопроводов в распределении по диаметрам и материалам труб и классификация сетей с различной повреждаемостью (выполняется с использованием аналитического блока программы «OPERATION»); технические характеристики трубопроводов (диаметр, материал, год постройки) выбираются из Базы данных программы «PASSPORT»;
- классификация и ранжирование трубопроводов по заданному количеству повторных повреждений выбор потенциальных объектов профилактического мероприятия (программа «OPERATION»);
- контроль эффективности адресной санации, т.е. выявление сетей с повторными повреждениями на основе программы «OPERATION»;
- анализ связи частоты профилактических мероприятий с частотой повреждений.

Блок II. Формирование плана предупредительного ремонта трубопроводов:

- отбор трубопроводов, у которых число повреждений не снижается после адресного профилактического мероприятия. По признаку наличия повторных повреждений на сети после ее профилактического мероприятия определение технико-экономической целесообразности выбора объекта для проведения инспекции; цель операции состоит в выявлении причин повторных повреждений;
- анализ данных инспекции и выдача заданий на предупредительный ремонт трубопроводов. Если инспекция показала наличие разрушений трубы необходимо оценить степень ее разрушения и определить сроки проведения ремонта и его тип (раскопка и перекладка или бестраншейный метод);
- ввод данных о ремонте в программу «PASSPORT» и анализ в программе «OPERATION».

Обслуживание трубопроводов требует постоянного внимания и соответствующих инспекций. Это объясняется тем, что существующие участки и сооружения трубопроводов стареют, приходят в негодность. Для таких сооружений требуются профилактические мероприятия, плановые наружные и внутренние наблюдения и последующая рекомендация по санации трубопроводов при необходимости.

Л и т е р а т у р а

1. *Свинцов А. П., Гусаков С. В., Рыбаков Ю. П., Аль-Харам Тами Хаиф.* Техническое состояние и оценка надежности трубопроводов сетей водоснабжения в городах Ирака // Водоснабжение и санитарная техника. –2012. – № 12. –С. 63–66.
2. *Свинцов А. П., Николенко Ю. В., Аль-Харам Тами Хаиф, Семенович К. И.* Переход трубопровода под автомобильной дорогой. Патент 110162 РФ. Опубликовано 10.11.2011. – Бюл. № 31.
3. *Харун Махмуд.* Геоэкологическая безопасность и эксплуатационная надежность трубопроводов канализационной сети в условиях тропического климата. Дис. ... канд. техн. наук. –М., – 2005. –140 с.
4. *Hongya Zhu, Zhanli Mao, Qingsong Wang, Jinhua Sun.* The Influences of Key Factors on the Consequences Following the Natural Gas Leakage from Pipeline // Procedia Engineering. – 2013. – Vol. 62. – P. 592–601.
5. *Hippu Salk Kristle Nathan, Sanket Sudhir Kulkarni, Dilip R. Ahuja.* Pipeline politics – A study of India's proposed cross border gas projects// Energy Policy. – 2013. – Vol. 62. – P. 145-156.
6. *Borut Zorc, Borut Kosec, Ladislav Kosec, Ales Nagode.* Analysis of hot water pipeline system leakage// Engineering Failure Analysis, 2013. – Vol. 28, –P. 78-81.
7. *Rizwan Younis, Mark A. Knight.* A probability model for investigating the trend of structural deterioration of wastewater pipelines// Tunneling and Underground Space Technology. – 2010. – Vol. 25, Issue 6, –P. 670-680.

References

1. *Svintsov AP, Gusakov SV, Rybakov YP, Al-Harami Tami Haif.* (2012). Technical Condition and Assessment of Reliability of Water Pipelines in Iraq. *Water Supply and Sanitary Engineering*, № 12, p. 63–66.
2. *Svintsov AP, Nikolenko YV, Al-Harami Tami Haif, Semenovich KI.* (2011). Transition of Pipelines Under the Highway. Patent 110162 RF. Published 10.11.2011. *Bulletin* № 31.
3. *Kharun Makhmud.* (2005). Geocological Safety and Operational Reliability of Pipelines of the Sewer Network in Tropical Climate. PhD Dissertation. Moscow, 140 p.
4. *Hongya Zhu, Zhanli Mao, Qingsong Wang, Jinhua Sun.* (2013). The Influences of Key Factors on the Consequences Following the Natural Gas Leakage from Pipeline. *Procedia Engineering*, Vol. 62, p. 592–601.
5. *Hippu Salk Kristle Nathan, Sanket Sudhir Kulkarni, Dilip R. Ahuja* (2013). Pipeline politics – A study of India's proposed cross border gas projects. *Energy Policy*. Vol. 62, p. 145-156.
6. *Borut Zorc, Borut Kosec, Ladislav Kosec, Ales Nagode* (2013). Analysis of hot water pipeline system leakage. *Engineering Failure Analysis*, Vol. 28, p. 78-81.
7. *Rizwan Younis, Mark A. Knight* (2010). A probability model for investigating the trend of structural deterioration of wastewater pipelines. *Tunneling and Underground Space Technology*, Vol. 25, Issue 6, p. 670-680.

**PLANNING AND SELECTION OF OBJECTS FOR PROPHYLACTIC MEASURES
AND REHABILITATION OF UNDERGROUND PIPELINES**

Makhmud Kharun, N.A. Stashevskaya, D.D. Koroteev
Peoples' Friendship University of Russia, Moscow

In the paper, the features of underground pipelines in the urban environment are discussed and recommendations on selection of objects for prophylactic measures and restoration of underground pipelines, which has the practical importance for organisation of underground pipelines productivity are given.

KEY WORDS: pipeline, operation, inspection, information, reliability, security, productivity, priority, rehabilitation.

